

III-313 攪拌杭による液状化防止の研究

千葉工業大学 学生員 久家 光彦

千葉工業大学 正会員 清水 英治・渡辺 勉

1・まえがき

液状化対策工として密度の増大、粒度改良、固結、飽和度の低下、間隙水圧の消散、せん断変形の抑制等を手段とした数々の工法が現在ある。本報では、飽和した緩い砂地盤中にセメントミルク攪拌杭を打設することによって、密度の増大とせん断変形の抑制の効果を期待し、液状化を防止することができるか模型実験を試みた。地表面の面積に対して攪拌杭の占める面積比を置換率として表わし、置換率を0~19.08%まで変化させた模型地盤を作製し、水平振動試験により液状化防止効果の検討を行なった。

2・試験概要

2・1〔試料〕砂地盤を作製する試料として、千葉県君津市小糸産(山砂)の洗い砂(2000 μ mふるい通過分、均等係数3.012、曲率係数1.193、比重2.720)を用いた。また攪拌杭作製に用いたセメントミルク(w/c=1/1)には普通ボルトランドセメントを使用した。

2・2〔砂層の作製〕振動台上の砂槽(130cm $\times$ 95cm $\times$ 100cm)に試料の山砂をホッパーを用いて水中落下(落下高さ20cm)させ、厚さ80cmの緩詰め飽和砂層の模型地盤を作製する。間隙水圧計は地表面下20cm、40cm、60cmに設置する。加速度計は地表面及び地表面下20cm、振動台に設置する。

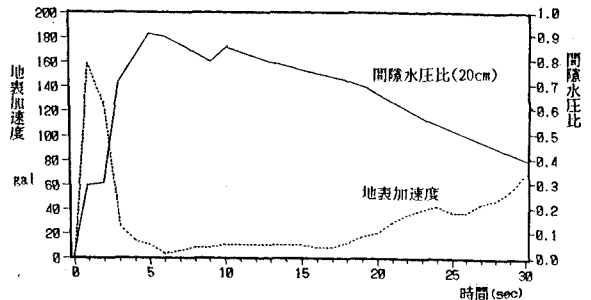
2・3〔攪拌杭〕砂地盤中に攪拌翼を回転させながら貫入し、所定深度(40cm)に達したところで攪拌翼を逆回転させ引き抜きながらセメントミルクを注入し、混合攪拌して杭(全長約40cm、直径約9.4cm)を作製する。杭の位置は千鳥型を基本とし、5本(置換率3.18%)、10本(6.36%)、15本(9.54%)、30本(19.08%)の杭を作製し2日間養生した後に振動実験を行なった。

2・4〔実験〕振動台は周波数4Hzの正弦波で砂槽を水平振動させる。加振と同時に目標の加速度に達成させ、30秒間振動する。間隙水圧計と加速度計によって過剰間隙水圧と振動加速度の変化を計測する。また攪拌杭を作製することによって、地盤の間隙比がどのように変化するか調べるために、コーン貫入試験を行なった。これは予め小型の砂槽を用いて間隙比と貫入抵抗(ラム落下回数)の関係を調べ、攪拌杭作製後の間隙比を求めるものである。

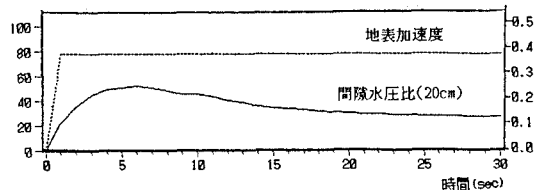
2・5〔液状化の判定〕本研究では、液状化の発生を視覚によっても確認するが、客観的に判定するために間隙水圧比と振動加速度の立ち上がりの変化により判定を行なう。図1(a)の様に間隙水圧比と地表面加速度の変化に明らかなピークがみられるとき、液状化有りと判定した。

3・試験結果及び考察

置換率と液状化加速度の関係を図2に示す。置換率が増加するにしたがって液状化の発生した加速度も増加する傾向を示している。また各置換率



(a) 液状化有り



(b) 液状化無し

図1 加速度と間隙水圧比の挙動例

における液状化する加速度と液状化しない加速度の境界を知ることができる。液状化した場合の地表加速度のピーク時間はいづれも加振後2～3秒であった。図3は各置換率における振動台加速度と相対密度変化量の関係を示したものである。当然のことながら液状化が発生した時は相対密度変化量は増大していることがわかる。相対密度変化量が2%程度の時は液状化を起こしていない。表1に置換率と最大間隙水圧比の関係を表わした。液状化が発生しない場合では、加速度が大きくなっても置換率を増加させると最大間隙水圧比は小さくなる傾向にある。しかし液状化が発生した場合、間隙水圧比は急激に上昇してピークが表われ、ピーク到達時間は置換率に関係なくおよそ5秒以内である。間隙水圧比は置換率、加速度、液状化の有無に関係なく地表面に近いほど高い値を示す傾向にある。置換率を増加させることにより地盤は締め固まり、間隙比が小さくなると同時に初期有効応力が大きくなり、間隙水圧比の増加を抑えると考えられる。また地表面に近いほど土被り厚が少ないため、初期有効応力が小さく間隙水圧比が増加しやすいと考えられる。攪拌杭作製前後の間隙比の変化を表2に示す。表中の杭打設前の間隙比は実測値から求め、杭打設後の間隙比はコーン貫入試験よりそれぞれ求めたものである。地中に攪拌杭を作製することにより、地盤の間隙比は減少していることがわかる。すなわち地盤の密度が増加していることが確認でき液状化防止の一因にもなっている。

4・あとがき

本実験で、置換率19.08%で液状化を防止できると考えられる加速度は100gal程度、これは気象庁の震度階で震度5に相当する。置換率0%では80gal程度でも液状化の発生がみられる。今回置換率19.08%以上の実験が行えなかったが、置換率をさらに増加させることにより液状化の抵抗力を増大することが期待できる。実験装置や方法にも改善の余地があり、これらも含めて今後の研究を進めていきたいと思う。

表1 置換率と最大間隙比の関係

置換率 %	振動台加速度 (gal)	最大間隙水圧比			液状化 の有無	ピーク時間 (S)
		上	中	下		
3.18	67	0.500	0.263	0.187	無	12
6.36	93	0.202	0.120	0.067	無	6
9.54	102	0.165	0.090	0.057	無	13
19.08	93	0.125	0.067	0.052	無	6.5
3.18	94	1.17	0.659	0.360	有	5
6.36	100	0.813	0.409	0.276	有	4
9.54	91	1.061	0.596	0.367	有	3
19.08	111	0.872	0.449	0.256	有	4

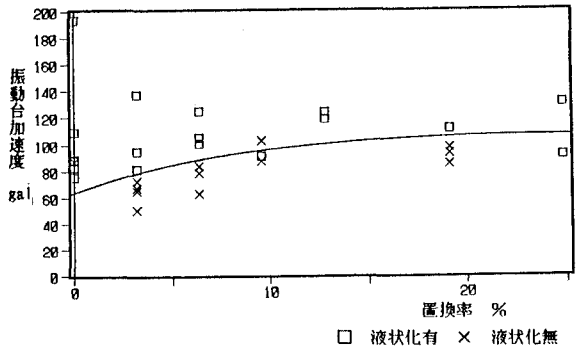


図2 置換率と液状化加速度の関係

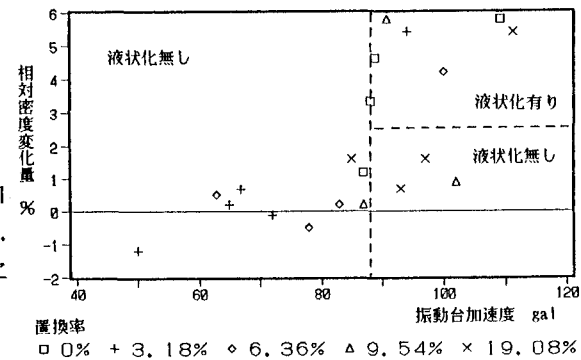


図3 設定加速度と相対密度変化量の関係

表2 攪拌杭作製による間隙比の変化

置換率 %	杭打設前間隙比	杭打設後間隙比
0	0.644	0.624
3.18	0.646	0.635
6.36	0.668	0.606
9.54	0.718	0.594
19.08	0.692	0.529